

Doktori értekezés tézisei

Zakariás Fanni

Gödöllő

2026



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

KÍMÉLETES TARTÓSÍTÓ ELJÁRÁSOK HATÁSA GYÜMÖLCSPÜRÉ
TERMÉKEKRE

Zakariás Fanni

Budapest

2026

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem – Agrár- és
Élelmiszertudományok Doktori Iskola**

Megnevezése: Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola

Tudományága: Élelmiszertudományok

Vezetője: **Dr. Kovács Melinda**

Egyetemi tanár, MTA r. tagja

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

Élettudományi és Technológiai Intézet, Táplálkozástudományi
Tanszék

Témavezetők: **Dr. Kiskó Gabriella**

Egyetemi tanár, PhD

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és -Technológiai Intézet, Élelmiszer-
mikrobiológia, -higiénia és -biztonság Tanszék

Dr. Dalmadi István

Egyetemi docens, PhD

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és -Technológiai Intézet, Állattermék és
Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

Tartalomjegyzék

| | | |
|----------|---|----|
| 1. | A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK | 1 |
| 2. | ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK | 3 |
| 2.1. | Szamócéval végzett kísérletek | 3 |
| 2.1.1. | Mintaelőkészítés | 3 |
| 2.1.3. | Összmikrobaszám meghatározás | 4 |
| 2.1.4. | A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata | 4 |
| 2.1.5. | Adatelemzés | 5 |
| 2.2. | Smoothie-val végzett kísérletek | 5 |
| 2.2.1. | Mintaelőkészítés | 5 |
| 2.2.2. | A smoothie minták HHP és hőkezelése | 5 |
| 2.2.3. | Összmikrobaszám meghatározás, valamint a kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata | 6 |
| 2.2.4. | Érzékszervi bírálat | 6 |
| 2.2.5. | Reológiai tulajdonságok vizsgálata | 7 |
| 2.2.6. | Színmérés | 7 |
| 2.2.7. | Elektronikus orral végzett analízis | 7 |
| 2.2.8. | Elektronikus nyelvvel végzett analízis | 7 |
| 2.2.9. | Bioaktív komponensek vizsgálata | 8 |
| 2.2.10. | Adatelemzés és kemometria | 8 |
| 3. | EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE | 10 |
| 3.1. | Szamócéval végzett kísérletek eredményei | 10 |
| 3.1.1. | A magasabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérletsorozat eredményei | 10 |
| 3.1.1.1. | Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására | 10 |
| 3.1.1.3. | A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata | 10 |
| 3.1.2. | A csökkentett nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei | 11 |
| 3.1.2.1. | Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására | 11 |
| 3.1.2.3. | A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata | 11 |
| 3.2. | A smoothie-val végzett kísérletek eredményei | 12 |
| 3.2.1. | A kezelések hatása a smoothie összmikrobaszámára | 12 |
| 3.2.1.1. | Az összmikrobaszámok időbeli változása a kéthetes tárolás során | 12 |
| 3.2.1.3. | Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva | 12 |
| 3.2.1.4. | Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva | 13 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1.5. Az öszsmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel | 13 |
| 3.2.2. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata | 14 |
| 3.2.2.1. A kezelések hatékonysága a Salmonella jelenlétére/hiányára..... | 14 |
| 3.2.2.2. A Salmonella szám időbeli változása a kéthetes tárolás során..... | 14 |
| 3.2.2.3. A friss minták Salmonella számának alakulása..... | 15 |
| 3.2.2.4. A Salmonella számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva .. | 15 |
| 3.2.2.5. Salmonella számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva..... | 15 |
| 3.2.2.6. A Listeria monocytogenes szám időbeli változása a kéthetes tárolás során | 15 |
| 3.2.2.7. Listeria monocytogenes számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva..... | 16 |
| 3.2.2.8. Listeria monocytogenes számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva..... | 17 |
| 3.3. A smoothie érzékszervi tulajdonságainak értékelése | 17 |
| 3.3.1. Érzékszervi bírálat eredményei..... | 17 |
| 3.3.2. A viszkozitás mérés eredményei | 18 |
| 3.3.3. A színtani tulajdonságok értékelése..... | 19 |
| 3.3.4. Elektronikus orr mérések | 20 |
| 3.3.5. Elektronikus nyelv mérések..... | 21 |
| 3.4. A humán érzékszervi bírálat és a műszeres vizsgálatok eredményeinek összevetése..... | 22 |
| 3.5. A smoothie bioaktív komponensei..... | 23 |
| 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK | 25 |
| 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK..... | 26 |
| 6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK..... | 27 |
| Irodalomjegyzék | 28 |

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Köztudott, hogy a kiegyensúlyozott étrend alapja a rendszeres gyümölcs- és zöldségfogyasztás. A bennük található vitaminok, antioxidánsok és ásványi anyagok nélkülözhetetlenek egészségünk megőrzéséhez. Bár a legtöbb gyümölcsöt és zöldséget frissen fogyasztjuk, szezonális jellegük miatt legtöbbjük nem érhető el egész évben. A tudatos vásárlók a tartósítószer- és adalékanyagmentes termékeket keresik, ami kihívások elé állítja az élelmiszeripart. A hagyományos, hőkezelésen alapuló (termikus) tartósítási eljárások ugyanis általában rontják a gyümölcsök friss jellegét és a bennük található értékes összetevőkre sincsenek kedvező hatással. A minőségi, friss élelmiszerek iránti növekvő igény indukálta a tartósítás egy új irányzatának, a kíméletes technológiáknak (más néven minimal processing) létrejöttét. Ezek olyan, hőhatás-mentes eljárások, amelyek vegyszerek hozzáadása és az értékes beltartalmi komponensek elvesztése nélkül teszik lehetővé a tartósítást. Erre kiváló példa a nagy hidrosztatikus nyomású kezelés (High Hydrostatic Pressure processing, HHP), amely több száz MPa nyomás alkalmazásával éri el a tartósságot, miközben megőrzi a termék érzékszervi és táplálkozási értékét.

Mivel a HHP önmagában nem mindig eléggé hatékony a nyomásálló baktériumokkal és spórákkal szemben, gyakran alkalmazzák más kezelésekkel kombinálva. A kombinált kezelés a gát elméleten (hurdle technology) alapul, ahol több gátló tényezőt alkalmaznak egyszerre, melyek hatása nemcsak összeadódik, hanem szinergikus módon segíti elő a mikrobiológiai biztonságot. A technológiai fejlődésnek köszönhetően ezek az új, kíméletes eljárással készült termékek egyre szélesebb körben válnak elérhetővé, de élelmiszerbiztonsági szempontból teljes mértékben megfelelő termékek előállításához további kutatások szükségesek.

Dolgozatomban kíméletes hőkezelés és nagy hidrosztatikus nyomású kezelés különböző kombinációinak hatását vizsgáltam gyümölcspüré termékekre. Kutatómunkám kiindulópontja egy korábbi kutatás (**Salamon et al., 2021**) volt, melyben 5 perces 300, 450 és 600 MPa-os nyomáskezelés, valamint 10 perces 55, 65 és 75 °C-os hőkezelés kombinációt alkalmaztuk szamócapüré mintákra és vizsgáltuk annak színét, antocianin-tartalmát és érzékszervi jellemzőit rögtön a kezelések után, valamint kéthetes 2 °C és 15 °C-os tárolást követően. Ennek eredményei alapján az alkalmazott kezelések eredményesnek bizonyultak a szamócapüré fiziko-kémiai és érzékszervi jellemzőinek megőrzése szempontjából. Éppen ezért a dolgozatomban a kezelések és a tárolás hatására végbemenő változásokat a beltartalmi tényezők vizsgálata helyett elsősorban mikrobiológiai és élelmiszerbiztonsági szempontból közelítettem meg. A korábbi kutatás során alkalmazott kísérleti beállításokon kezdetben csak az egyik tárolási hőmérsékleten változtattam: 2 °C és 15 °C helyett 6 °C és 15 °C-on tároltam két hétig a mintákat. A változtatást az indokolta, hogy bár a **WHO és FAO (2009)** ajánlása alapján a hűtőszekrény hőmérsékletének 2-4 °C között kellene lennie, több felmérés is beszámol arról, hogy a háztartásokban

lévő hűtők hőmérséklete még a 6 °C-ot is meghaladja (**Laguerre et al., 2002, Ovca et al., 2021**). A két választott tárolási hőmérséklettel pedig átlagos hűtési és helytelen tárolási körülményeket (pl. meghibásodott hűtő) szerettem volna modellezni.

Céлом volt továbbá a számacapürét, mint alapanyagot egy termékben fő összetevőként felhasználni, és a kezelések, valamint a tárolás hatását ebben a komplex rendszerben vizsgálni a termék általános mikrobiológiai állapotára és élelmiszerpatogén baktériumokra. Céлом volt, egy olyan kezeléskombináció kiválasztása, amely élelmiszerbiztonsági és mikrobiológiai szempontból a termék tartósításához szükséges legkisebb dózist jelenti, ugyanakkor az eredeti tulajdonságait a lehető legkisebb mértékben befolyásolja. Céлом volt továbbá annak vizsgálata humán érzékszervi bírálattal, valamint műszeres mérésekkel egyaránt, hogy a kiválasztásra kerülő kezeléskombináció milyen érzékszervi változásokat okoz a vizsgált termékben. Vizsgálataim célja volt annak megválaszolása is, hogy van-e jelentősége a kezelések sorrendjének, és ha igen, melyik sorrend alkalmazása előnyösebb?

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A kísérletek egy részét szamóccával (szamócapürével) végeztem, majd a szamóccát alapanyagként egy smoothie-ban használtam fel, ami a további kísérletek tárgyát képezte.

2.1. Szamóccával végzett kísérletek

2.1.1. Mintaelőkészítés

Az alapanyag állandó minőségének biztosítása érdekében a kísérletekhez gyorsfagyasztott szamóccát használtam. A szamócca felengedtetése saját csomagolásában, szobahőmérsékleten történt. A felengedtetett szamóccát Robot Coupe C80A típusú passzírozó géppel pürésítettem. A kész pürét 25 g-os adagonként steril tasakokba töltöttem. Az alkalmazott hő- és nyomáskezelés patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálatához a tasakok zárása előtt a minták egy részét *Listeria monocytogenes* CCM4699 és *Salmonella enterica* subsp. *enterica* szerotípus Hartford B.01310 (a továbbiakban *Salmonella* Hartford) keverékével oltottam be úgy, hogy azok induló sejtszáma 10^6 TKE/ml legyen. Az aerob és fakultatív anaerob, mezofil, valamint pszichrotrof mikroorganizmusok együttes mennyiségének (a továbbiakban: összmikrobaszám) meghatározásához a minták másik részét, amelyek az eredeti (beoltatlan) szamócapürét tartalmazták, közvetlenül a töltés után légmentesen lezártam.

2.1.2. A szamócapüré minták HHP és hőkezelése

A minták kezelését 2^n típusú faktoriális kísérleti terv alapján végeztem. A minták egy része önmagában alkalmazott hő – vagy nyomáskezelésen esett át, míg másik része a két kezelés eltérő sorrendben alkalmazott kombinációjának lett alávetve. A továbbiakban azokat a mintákat, amelyeket először hő- majd nyomáskezelttem, TP-kezeltnek, azokat pedig, amelyeket először nyomás- majd hőkezelttem, PT-kezeltnek nevezem. Több kezeléssorozatot is végeztem a szamócapürével, melyek közül kettő eredményei kerülnek részletes bemutatásra. Az első kísérlet során alkalmazott hőkezeléseket 55, 65 és 75 °C-on, 10 percig, a nyomáskezeléseket 300, 450 és 600 MPa-on, 5 percig végeztem. A második kísérletsorozatban 50, 55 és 60 °C-os, 5 perces hőkezelést és 150, 200 és 250 MPa-os, 5 perces nyomáskezelést alkalmaztam. Mind a két kísérletsorozatban 15 féle kezelés alkalmaztam az **1. és 2. táblázat** szerint, 3 ismétlésben. A hőkezeléseket vízfürdőben (Labor Műszeripari Művek LP507/1), a HHP-kezeléseket a Resato International B.V. (Assen, Hollandia) által gyártott Resato FPU-100-2000 típusú berendezéssel végeztem szobahőmérsékleten. Nyomásközvetítő közegként Resato PG fluidot használtam. A kezeléseket során az adiabatikus hőmérséklet-emelkedés mértéke csekély volt. A mintákat a kezeléseket követően azonnal lehűtöttem jeges vízzel.

1. táblázat: Az 1. kísérlet sorozat során alkalmazott kezelések beállításai

| No. | 1. kezelés | 2. kezelés |
|-------------|------------|------------|
| 1(kontroll) | - | - |
| 2 | 55 °C | - |
| 3 | 300 MPa | - |
| 4 | 75 °C | - |
| 5 | 600 MPa | - |
| 6 | 55 °C | 300 MPa |
| 7 | 300 MPa | 55 °C |
| 8 | 75 °C | 300 MPa |
| 9 | 300 MPa | 75 °C |
| 10 | 55 °C | 600 MPa |
| 11 | 600 MPa | 55 °C |
| 12 | 75 °C | 600 MPa |
| 13 | 600 MPa | 75 °C |
| 14 | 65 °C | 450 MPa |
| 15 | 450 MPa | 65 °C |

2. táblázat: Az 2. kísérlet sorozat során alkalmazott kezelések beállításai

| No. | 1. kezelés | 2. kezelés |
|-------------|------------|------------|
| 1(kontroll) | - | - |
| 2 | 50 °C | - |
| 3 | 150 MPa | - |
| 4 | 60 °C | - |
| 5 | 250 MPa | - |
| 6 | 50 °C | 150 MPa |
| 7 | 150 MPa | 50 °C |
| 8 | 60 °C | 150 MPa |
| 9 | 150 MPa | 60 °C |
| 10 | 50 °C | 250 MPa |
| 11 | 250 MPa | 50 °C |
| 12 | 60 °C | 250 MPa |
| 13 | 250 MPa | 60 °C |
| 14 | 55 °C | 200 MPa |
| 15 | 200 MPa | 55 °C |

2.1.3. Összmikrobaszám meghatározás

A összmikrobaszám meghatározásához lemezöntéses módszert alkalmaztam (MSZ EN ISO 4833-1:2014), azzal a módosítással, hogy a számlálás megkönnyítése érdekében 500 ml platecount agarhoz (PCA agar, Merck 105463) 0,5 ml 5%-os trifenil-tetrazólium-klorid (TTC) oldatot adtam. A lemezeket három napos 30 °C-os aerob körülmények között végzett inkubáció után értékeltem. A kimutatási határ 1 TKE/ml volt. A vizsgálatokat három párhuzamosban végeztem.

A számocával végzett 1. kísérlet sorozatban közvetlenül a kezelést követően, a minták lehűtése után, valamint kéthetes 6 és 15 °C-on történő tárolás után vizsgáltam a minták összmikrobaszámát. A 2. kísérlet sorozatban az összmikrobaszámok az előbb említett két mintavételi időpontra felül egyhetes tárolást követően is meghatározásra kerültek.

Azokat a mintákat, melyeket közvetlenül a kezelést követően, a minták lehűtése után vizsgáltam, a továbbiakban friss mintáknak nevezem.

2.1.4. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A *Salmonella* jelenlétét és a *Listeria monocytogenes* számot szabványos módszerek szerint határoztam meg (MSZ EN ISO 6579-1:2017, MSZ EN 11290-2: 1998) három párhuzamosban. A kimutatási határérték mindkét kórokozó esetében 10 TKE/ml volt.

Az 2073/2005/EK rendelet szerint különböző határértékek vonatkoznak a *Listeria monocytogenes* szaporodását támogató, valamint a szaporodását nem támogató élelmiszerekre. Annak megállapítására, hogy a számocapüré melyik kategóriába

tartozik, és melyik módszert kell alkalmazni a kimutatására, egy előkísérlet során (melynek eredményei nem kerülnek bemutatásra), megállapítottam, hogy a számacapüré nem támogatja a *Listeria monocytogenes* növekedését, ezért jelenlét-hiány vizsgálatot nem végeztem.

A *Salmonella* és a *Listeria monocytogenes* számát tizedelő hígítási sorozat elkészítése után határoztam meg, szélesztéses módszerrel *Salmonella* esetében XLD agaron (OXOID HARLEQUIN™ *SALMONELLA* ABC MEDIUM, Oxiod PO0993A), *Listeria monocytogenes* esetében CromoCult (ChromoCult® *Listeria* agar (base) acc. OTTAVIANI and AGOSTI, Merck 100427) agaron. Az értékelést *Salmonella* esetében egy, míg *Listeria* esetében két napos, 37 °C-on, aerob körülmények között történő inkubáció után végeztem.

A patogén baktériumok számát a friss mintákból, valamint a 3., 7. és 14. tárolási napon vizsgáltam.

2.1.5. Adatelemzés

Az összmikrobaszám eredmények statisztikai elemzésekor egytényezős ANOVA-t követő Tukey's vagy Games–Howell post hoc tesztet végeztem ($p < 0,05$) az SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov–Smirnov próbával, a szóráshomogenitást Levene-tesztel ellenőriztem. Az értékelés során az azonos ideig, azonos körülmények között tárolt mintákat hasonlítottam össze egymással. Ezenfelül az eredmények értékelése során válaszfelület-módszert (RSM, Response Surface Methodology) is alkalmaztam.

2.2. Smoothie-val végzett kísérletek

2.2.1. Mintaelőkészítés

Az általam készített smoothie számacát (37%), mandulaitalt (26%), l_aunánt (24%) és avokádót (13%) tartalmazott. A számacát ezúttal is fagyasztott állapotban, a többi gyümölcsöt friss formában szereztem be. Az összetevőket homogén keverékké turmixoltam (Robot Coupe Mini MP 160 V.V.), majd a kész turmixot 25 g-os adagokban nyomásálló, steril tasakokba töltöttem. Ezt követően a számacánál korábban ismertetett módon (4.1.1. fejezet) a smoothie minták egy részét a tasakok zárása előtt *Listeria monocytogenes* és *Salmonella* Hartford keverékével oltottam be úgy, hogy azok induló sejtszáma 10^6 TKE/ml legyen. A minták másik részét (eredeti, beoltatlan) közvetlenül töltés után lezártam.

2.2.2. A smoothie minták HHP és hőkezelése

A smoothie minták hő- és/vagy nyomáskezelését a számacánál leírtak szerint végeztem (4.1.2. fejezet). A hőkezelést ez esetben 50, 55 és 60 °C-on, 5 percig, a nyomáskezelést 150, 200 és 250 MPa-on, 5 percig végeztem. Összesen 15 különböző kezelést végeztem három párhuzamosban, az **2. táblázat** szerint. A mintákat ez esetben is 6 vagy 15 °C-on tároltam két hétig. Az összes tételt azonos

hűtött körülmények között készítettem elő (<10 °C) és azonos pH-értékre (pH 4,5) állítottam be.

2.2.3. Összmikrobaszám meghatározás, valamint a kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A smoothie összmikrobaszámának, valamint *Salmonella* és a *Listeria monocytogenes* számának meghatározását illetően a számócánál ismertetett módon jártam el (4.1.3. és 4.1.4. fejezet). Mind az összmikrobaszám, mind pedig a patogén baktériumok számának meghatározását három párhuzamosban végeztem. A smoothie esetében is megállapítottam egy előzetes kísérlet során, hogy nem támogatja *Listeria monocytogenes* növekedését (az eredmények nem kerülnek bemutatásra), így jelenlét-hiány vizsgálatra nem volt szükség. A kimutatási határ az összmikrobaszám esetében 1 TKE/ml, míg a két kórokozó esetében 10 TKE/ml volt.

A mintavételek az összmikrobaszám vizsgálat esetén friss mintákból, valamint 7 és 14 napos tárolást követően történtek. A patogén baktériumok számát a friss mintákból, illetve a 3., 7. és 14. tárolási napon is meghatároztam.

2.2.4. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat során a bírálók a friss és 14 napig tárolt mintákat is minősítették. Ahhoz, hogy a friss és tárolt minták összehasonlíthatók legyenek, a smoothie mintákat két külön tételben készítettem el. Az első tétel a 14 napon át 6 °C-on tárolt mintákból, míg a második tétel a friss mintákból állt, melyeket a bírálat napján készítettem el. Az érzékszervi bírálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetének 20 fős, nem képzett bírálói végezték, akiknek az volt a feladatuk, hogy rangsorolják a mintákat az alábbi szempontok szerint:

- a legkevésbé barnától a legbarnábbig;
- a legkevésbé gyümölcsös illatútól a leginkább gyümölcsös illatúig;
- a legkevésbé sűrű állománytól a leginkább sűrű állományig;
- a legkevésbé gyümölcsös íztől a leginkább gyümölcsös ízűig;
- a legkevésbé kedveltől a leginkább kedveltig.

Annak megállapításához, hogy a minták között voltak-e szignifikáns különbségek, a rangsorösszegek közötti legnagyobb különbségeket hasonlítottam össze a rangsorösszegek közötti különbségek kritikus értékeivel. Abban az esetben, ha a különbség szignifikáns volt, többszörös összehasonlítást kellett végezni annak megállapítására, hogy melyik páronkénti összehasonlítás eredménye szignifikáns. A minták akkor tekinthetők szignifikánsan különbözőnek, ha rangsorösszegeik közötti különbség egy meghatározott kritikus értékkel egyenlő vagy meghaladja azt (**Christensen et al., 2006**).

2.2.5. Reológiai tulajdonságok vizsgálata

A reológiai tulajdonságokat **Hidas és munkatársai (2023)** módszere szerint értékeltem a friss és a 14 napig tárolt minták esetében 20 °C-on, három párhuzamosban. A mérések kivitelezése egy koncentrikus henger geometriájú rendszerrel történt egy forgó MCR 92 reométeren (Anton Paar, Ltd., Les Ulis, Franciaország). A készülék a RheoCompass szoftver (1.21.852-es verzió, Anton Paar, Ltd.) segítségével működtethető.

A nyírófeszültség és a látszólagos viszkozitás mérése 3 sec időközönként történt, a logaritmikusan növekvő és csökkenő nyírási sebesség tartományban, 10 és 1000 s⁻¹ között. Az értékelést a folyásgörbék (nyírási sebesség-nyírófeszültség) és a viszkozitási görbék (nyírási sebesség-nyírófeszültség-nyilvánvaló viszkozitás) lassuló szakaszának összehasonlításával végeztem.

A minták reológiai viselkedésének további jellemzéséhez Herschel-Bulkley modelljét alkalmaztam - amelyről korábban megállapítottam, hogy a legjobban illeszkedő modell az Excel Solver (legkisebb négyzetek módszere) segítségével. Az illeszkedés jóságának megítélésére determinációs együtthatót ($R^2 > 0,95$) használtam.

2.2.6. Színmérés

A színjellemzők számszerűsítése Konica Minolta CR-400 (Konica Minolta, INC., Tokyo, Japán) tristimulus koloriméterrel történt 5 ismétlésben. A műszer a világosságot (L^*), a vörös-zöld (a^*) és a sárga-kék (b^*) színkoordinátákat határozza meg. Ezekből a koordinátákból kiszámítható a ΔE^* színingerkülönbség, a krómaérték (C^*) és az árnyalati szög (h°) is.

2.2.7. Elektronikus orral végzett analízis

A vizsgálatot az Adexgo Kft. herceghalmi telephelyén végeztük Heracles Neo 300 elektronikus orr (Alpha M.O.S., Toulouse, Franciaország) segítségével **Yakubu és munkatársai (2022)** által publikált metodika szerint. Minden mintából 1 grammos aliquotokat mértünk a 20 ml-es headspace-fiólákba 8 ismétlésben, és UltraCleanTM politetrafluor-etilén/ szilikon szeptummal ellátott mágneses kupakkal zártuk le. Az elektronikus orr két gázkromatográfiás oszlopának (MXT-5; MXT-1701, Restek, Bellefonte, PA, USA) lángionizációs detektorain (FID) rögzített kromatogramok retenciók idejét retenciók indexekké (RI) alakítottuk át (**Roszkos et al., 2021**). Az elektronikus orr működtetéséhez és az adatok rögzítéséhez az AlphaSoft (ver 16) szoftvert (Alpha M.O.S., Toulouse, Franciaország) használtuk.

2.2.8. Elektronikus nyelvvel végzett analízis

Az elektronikus nyelv méréseket a MATE Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszékén végeztük, Alpha Astree típusú elektronikus nyelvvel (Alpha M.O.S., Toulouse, Franciaország). A műszer Ag/AgCl referenciaelektrodot, valamint folyadékelemzésre kifejlesztett, kémiailag

módosított tervezérlésű tranzisztoros szenzorokat (AHS, PKS, CTS, NMS, CPS, ANS, SCS) használ.

A minták előkészítéséhez 10 g mintát helyeztünk egy 100 ml-es mérőlombikba, és jelre töltöttük desztillált vízzel. A mintákat ezután először fémszűrőn, majd szűrőpapíron keresztül szűrtük át. A smoothie minták tényleges elemzése előtt a műszert a gyártó által javasolt két lépésben kondicionáltuk. Az első lépésben 0,01 mol/dm³-es HCl-oldatot, a második lépésben a vizsgált smoothie minták egyenlő arányú keverékét használtunk a kondicionálásra a szenzor driftjének csökkentése érdekében. A jelgyűjtést 120 másodpercig végeztük minden egyes véletlenszerűen vizsgált minta esetében. Minden mintát kilencszer mértünk az elektronikus nyelvvel, ami összesen 54 leolvasást eredményezett a vizsgált smoothie mintáknál.

2.2.9. Bioaktív komponensek vizsgálata

A minták antocianin-tartalmának meghatározása pH differenciális módszerrel történt (**Giusti és Wrolstad, 2001**). A módszer a monomer antocianin komponensek színváltozásán alapul. A színes forma pH 1,0-nél, a színtelen forma pH 4,5-nél jelenik meg, a változás reverzibilis. A minták abszorbanciáját 520 és 700 nm-en Hitachi U-2900 típusú spektrofotométerrel határoztam meg. Az antocianin pigmentek koncentrációját cianidin-3-glükozidban kifejezve adtam meg.

A minták antioxidáns kapacitás értékét FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) módszerrel határoztam meg (**Benzie és Strain, 1996**). A módszer lényege, hogy az antioxidáns hatású vegyületek a Fe³⁺ ionokat Fe²⁺ ionokká redukálják, melyek a tripiridil-triazinnal (TPTZ) kék színű ferro-tripiridil-triazin komplexet képeznek. Az így képződött komplex fotometriásan 593 nm-en mérhető. A FRAP értéket a mérendő minta és egy ismert Fe²⁺ koncentrációjú minta 593 nm-en mért abszorbanciáinak összehasonlításával kapjuk.

Az összes polifenol-tartalom meghatározást Folin-Ciocalteu reagens segítségével végeztem (**Singleton és Rossi, 1965**) módszere alapján. Az összes polifenol-tartalmat galluszsavból készített kalibrációs görbe alapján határoztam meg 760 nm-en.

2.2.10. Adatelemzés és kemometria

Az összmikrobaszám és a patogén baktériumok vizsgálata során kapott eredményeket egytényezős ANOVA vagy kéttényezős ANOVA-modellekkel elemeztem, majd Tukey's vagy Games–Howell post hoc teszttel páros összehasonlításokat végeztem ($p < 0,05$) az SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov–Smirnov próbával, a szóráshomogenitást Levene-teszttel ellenőriztem. Az értékelés során elsőként a mikrobaszámok időbeli változását vizsgáltam a kéthetes tárolás alatt 6 °C-on és 15 °C-on. Ez követően az eredményeket tárolási idő szerint, majd tárolási hőmérsékletek szerint csoportosítva elemeztem. A patogén baktériumok száma

sok esetben kimutatási határ alatt maradt, következésképpen statisztikai értékeléseket csak a számszerűsíthető eredményekkel rendelkező mintákon végeztem. Az eredmények értékelése során válaszfelület-módszert (RSM) is alkalmaztam, amire az előbbiek okán (a patogének számos esetben nem voltak kimutathatók) csak az összmikrobaszámok esetén volt lehetőség.

A szín és a reológiai mérés eredményeit szintén egytényezős ANOVA-modellekkel, majd azt követő Tukey-féle páronkénti összehasonlítással (szín) vagy Games-Howell-teszttel (reológia) elemeztem ($p < 0,05$) SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov–Smirnov próbával, a szóráshomogenitást Levene-teszttel ellenőriztem. Mind a két paraméter esetében a mintákat kétféle megközelítéssel hasonlítottam össze: az egyik az azonos módon kezelt friss és tárolt minták összehasonlítása, a másik pedig három friss, illetve a három tárolt minta összehasonlítása (kontroll; 60 °C-250 MPa; 250 MPa-60 °C).

Az elektronikus nyelv esetében a különböző szenzorok stabilizált és optimális érzékenységu jeleit, azaz a felvett jelek utolsó 10 másodpercének adatait átlagoltuk, és ezeket használtuk a további statisztikai elemzésekhez. Ezeket a nyers szenzorjeleket először vizualizáltuk, hogy felderítsük az esetleges szenzorhibákat, drifteket (elcsúszás) és a kiugró értékeket. A vizsgált minták kémiai ujjlenyomatában az elektronikus nyelv szenzorai által észlelt különbségeit euklideszi távolságokkal hasonlítottuk össze. (Ito et al., 2013, Legin et al., 2009).

A szenzorjelek drift-korrekciónját a Kovacs és munkatársai (2020a) által leírt „Additív korrekció az összes mintához viszonyítva” módszert alkalmaztuk, hogy elkerüljük az esetleges alapvonal-különbségeket és a szenzorjelek elcsúszását. A szenzorjelek kemometriai értékelését főkomponens-elemzés (PCA) segítségével végeztük. A számításokat és a vizualizációt R-projekt (ver. 4.2.3) segítségével végeztük (R Core Team, 2023).

Az elektronikus orr mérésekből származó, a minták illatprofilját leíró többváltozós adatokat az AlphaSoft (ver. 16) szoftver segítségével elemeztük. A kromatogramokat virtuális szenzorok jelsorozatává alakítottuk át az azonosított kromatogram csúcsok és a görbék alatti területek alapján (Kovacs et al., 2020b). Az adatok feldolgozását és a többváltozós adatok kiértékelését a Yakubu és munkatársai (2022) által leírtak szerint végeztük. A legjellemzőbb virtuális szenzorokat az adatok kiértékelése során választottuk ki. A specifikus illékony vegyületeket az AlphaSoft szoftver AroChemBase v7 segítségével rendeltük hozzá a virtuális szenzorhoz kapcsolódó megfelelő retenciós indexhez.

A bioaktív komponensek eredményeinek értékeléséhez Excel segítségével páros mintás T-próbát ($p < 0,05$), valamint SPSS (27.0.1.0 verzió) segítségével egytényezős ANOVA-modellt, majd Tukey-féle post hoc teszt ($p < 0,05$) alkalmaztunk. Az adatok normalitását Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov–Smirnov próbával, a szóráshomogenitást Levene-teszttel ellenőriztem.

3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

3.1. Szamócával végzett kísérletek eredményei

3.1.1. A magasabb nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérletsorozat eredményei

3.1.1.1. Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására

A szamócapürével 300-600 MPa-os nyomástartományban és 55-75 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei alapján, valamennyi kezelés elfogadható szinten tudta tartani az összmikrobaszámot a kéthetes 6 °C-os tárolás során. Sőt az önmagában alkalmazott 55 °C-os, ill. a 300 MPa-os kezelések kivételével valamennyi kezelés magasabb tárolási hőmérsékleten is megfelelő minőségű terméket eredményezett a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján (határérték: 10^3 TKE/ml).

Az 55 °C-on hőkezelt mintát leszámítva, valamennyi kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól. A kombinált kezelések között nem lehetett különbséget tenni aszerint, hogy melyik sorrend az előnyösebb.

3.1.1.2. Összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel

A 300-600 MPa nyomástartományban és 55-75 °C-os hőmérséklet tartományban végzett kísérletnél a friss és a 14 napig tárolt minták esetében sem volt jelentős különbség a TP és PT sorrendben kezelt minták között. Bármelyik kezelési sorrendet vizsgálva lineáris kapcsolat figyelhető meg az összmikrobaszám, valamint a nyomás és a hőmérséklet (független változók) között. A nyomás és a hőmérséklet növelésével az összmikrobaszámok csökkentek.

3.1.1.3. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A kísérletek során azt tapasztaltam, hogy valamennyi kezelés hatékonynak bizonyult *Salmonella* Hartford-al és *Listeria monocytogenes*-szel szemben, mivel azokat csak a friss kontroll mintából tudtam kimutatni. Megemlítendő, hogy a kezelések hatásán túlmenően a szamóca savas pH-ja (pH 3,6) is nagy szerepet játszott az eredmények alakulásában (gát elmélet).

Az eredmények alapján az alkalmazott kezelések eredményesnek bizonyultak mikrobiológiai szempontból, valamint azon túlmenően a korábbi vizsgálatok alapján a szín, az érzékszervi tulajdonságok és az antocianin-tartalom tekintetében (Salamon et al., 2021). Mivel célom az volt, hogy olyan kezeléskombinációt találjak, amely a termék eltarthatóságának növelése, valamint mikrobiológiai élelmiszerbiztonsági szempontból minimálisan szükséges, ugyanakkor az értékes beltartalmi tényezőkre a lehető legkisebb hatással van, a kezelési paraméterek csökkentése mellett döntöttem. Az eddig bemutatott kísérletet megismételtem, de ezúttal csak a kezelések mikrobiológiai hatását vizsgáltam. Több kezeléssorozat hatásának vizsgálatát követően jutottam el végül az 50-55-60 °C-os és 150-200-250 MPa-os tartományig, amely már azon a

határon mozgott, ami alá mikrobiológiai élelmiszerbiztonsági okok miatt nem lehet csökkenteni a kezelési paramétereket. A hangsúlyt ezt követően ennek a speciális 300 MPa alatti nyomástartományban a vizsgálatára helyeztem.

3.1.2. A csökkentett nyomás- és hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei

3.1.2.1. *Összmikrobaszámok alakulása a kezelések és a tárolás hatására*

A 150-250 MPa-os nyomástartományban és 50-60°C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményei alapján, a két legalacsonyabb szintű kezelés (50 °C és 150 MPa) kivételével a 14 napos 6 °C-on történő tárolást követően valamennyi minta összmikrobaszáma megfelelőnek bizonyult a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján. A magasabb, 15 °C-os tárolást követően azonban már csak azok a minták feleltek meg a rendelet által előírt határértéknek, melyeknél kombinált kezelést alkalmaztam, és csak azokban az esetekben, melyeknél nem a két legalacsonyabb kezelési szintet (50 °C és 150 MPa) kombináltam egymással.

A friss minták esetében az 50 °C-os, a 150 MPa-os, valamint az előbbi két kezelés kombinációjának kivételével valamennyi kezelt minta szignifikánsan különbözött a kontrolltól, az alkalmazott kezelések kb. 1 nagyságrenddel csökkentették a számocapüré összmikrobaszámát.

A kéthetes, 15 °C-os tárolás alatt a különböző módon kezelt minták közti különbségek egyre szignifikánsabbá váltak. A kombinált kezelések között azonban sem a 15 °C-os, sem pedig a 6 °C-os tárolás során nem tudtam különbséget tenni a kezelési sorrend tekintetében.

3.1.2.2. *Összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel*

Az 150-250 MPa nyomástartományban és az 50-60 °C-os hőmérséklettartományban végzett kísérlet összmikrobaszám eredményeire illesztett válaszfelületek a 7 napig 6°C-on tárolt PT- és TP-kezelt minták kivételével a magasabb nyomás és hőmérséklettartományban végzett kísérlet eredményeire illesztett válaszfelületekhez hasonló lefutást mutattak, a változók közti kapcsolat lineáris volt. Az összmikrobaszámok a nyomás és a hőmérséklet növekedésével csökkentek.

A 7 napig 6°C-on tárolt, TP-kezelt minták esetében az összmikrobaszámok és a független változók közti kapcsolat nem teljesen lineáris, de inkább a lineáris modell dominál, míg a PT sorrendben kezelt minták esetében görbült válaszfelületet kaptam.

3.1.2.3. *A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata*

A csökkentett kezelési paraméterek patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata során a két kórokozó közül a *Salmonella* esetében 6 °C és 15 °C-on is tapasztaltam növekedést a kontroll és a 150 MPa-on kezelt mintában. A *Listeria*

monocytogenes ezúttal a 15 °C-on tárolt kontrollból volt kimutatható a vizsgált tárolási időszak alatt.

3.2. A smoothie-val végzett kísérletek eredményei

3.2.1. A kezelések hatása a smoothie összmikrobaszámára

3.2.1.1. Az összmikrobaszámok időbeli változása a kéthetes tárolás során

A 6 °C-on tárolt minták összmikrobaszáma a kéthetes tárolás során növekedett a kontrollnál, illetve azokban az esetekben, amelyekben csak hő- vagy csak nyomáskezelést alkalmaztam. Ezekben az esetekben a tárolás végére akár 2,5-3-nagyságrenddel növekedett az összmikrobaszám a kiinduló sejtszámhoz képest. Míg azoknál a mintáknál, amelyeknél kombinált kezeléseket alkalmaztam az összescsira számok közel változatlanok maradtak. Valamennyi kombinált kezelés megfelelő minőségű mintát eredményezett a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet alapján, mivel a két hétig tárolt minták összmikrobaszáma 10^3 TKE/ml alatt marad.

A kéthetes 15 °C-on történő tárolás során a minták összmikrobaszáma egyértelműen növekedést mutatott, de azoknál a mintáknál, amelyeknél a legmagasabb hőmérsékletet (60 °C), illetve annak nyomáskezeléssel történő kombinációját alkalmaztam, valamint a középső hőmérséklet és nyomásértékek kombinációja során (55 °C és 200 MPa) egy hét elteltével még nagyjából a 0. napon mért értékekkel megegyező sejtszámokat mértem. Abban a két esetben, amikor 60 °C-ot a legmagasabb, 250 MPa-os nyomsással kombináltam, két hét elteltével az összmikrobaszám növekedésének mértéke kisebb volt, mint a többi kezelés esetén. A 250 MPa–60 °C-on és a 60 °C–250 MPa-on kezelt mintáknál a kezdetben mért összmikrobaszámokhoz képest csupán 2-2,5 nagyságrendnyi növekedést tapasztaltam a tárolási idő végére. A 60 °C-on, 200 MPa–55 °C-on, illetve az 55 °C–200 MPa-on kezelt minták esetében a növekedés mértéke 4-4,5 nagyságrendnyi, míg a többi minta esetében 6-7,5 nagyságrendnyi volt, a minták megromlottak.

A két hétig 15 °C-on tárolt minták közül egy sem felelt meg a 4/1998 (XI.11.) EüM rendelet előírásának. Amennyiben a mintákat rövidebb ideig, csak 7 napig tároltam, úgy a 250 MPa-os nyomáskezelés 50 °C vagy 60 °C-os hőkezeléssel, illetve a 200 MPa-os nyomáskezelés 55 °C-os hőkezeléssel történő kombinációja is megfelelő terméket eredményezett magasabb hőmérsékletű tárolás mellett.

3.2.1.3. Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva

Az összmikrobaszámokat a tárolási idő szerinti csoportosításban értékeve, megállapítottam, hogy az idő előrehaladtával a kezelt minták közötti különbségek egyre szignifikánsabbá váltak, amit a 14. napon megnövekedett számú post-hoc csoport jelez. A tárolási hőmérsékletnek a 14 napig tárolt összes minta esetében szignifikáns hatása volt, míg a 7 napos mintáknál csak bizonyos esetekben. Az alkalmazott kezelések közül a 60 °C és 250 MPa, valamint az 55 °C és a 200 MPa kombinációi eredményezték alacsonyabb és magasabb tárolási hőmérsékleten

egyaránt a legalacsonyabb összmikrobaszám értékeket. A kombinált kezelések között nem lehetett különbséget tenni a sorrendet tekintve.

3.2.1.4. Az összmikrobaszámok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva

A tárolási hőmérséklet szerint csoportosított minták elemzése során azt tapasztaltam, hogy magasabb tárolási hőmérsékleten a minták közötti különbségek egyre szignifikánsabbá váltak. A tárolási időnek a 15 °C-on tárolt összes minta esetében szignifikáns hatása volt, míg a 6 °C-on tárolt mintáknál csak az egyszeres kezelések kerültek szignifikánsan különböző csoportokba a két különböző tárolási hőmérsékleten. Alacsonyabb tárolási hőmérsékleten a 7. mintavételi napon még szinte nem volt statisztikai különbség az egyszeresen és a kombináltan kezelt minták között, azonban a tárolási idő végére valamennyi kombinált kezelés jobb eredményt hozott, mint az egyszeresek. Mind a két tárolási hőmérsékleten csak a 60 °C és 250 MPa, illetve az 55 °C és a 200 MPa kombinációi voltak azok, amelyek még a tárolási idő végére is szignifikánsan jobb eredményt mutattak a többi kezelésnél. A kombinált kezelések között nem volt szignifikáns különbség a kezelések sorrendjét tekintve.

3.2.1.5. Az összmikrobaszámok alakulásának vizsgálata válaszfelület-analízissel

A friss, a 7 napig 15 °C-on tárolt, valamint a 14 napig 6 °C-on tárolt minták esetében nem volt jelentős különbség a TP és PT kezelt minták között. Mind a két esetben lineáris kapcsolat figyelhető meg az összmikrobaszám és a független változók között. A nyomás és a hőmérséklet növelésével egyaránt csökkentek az össze csíraszámok bármelyik sorrendet alkalmazva. A hőmérséklet változásának dominánsabb hatása volt, a nyomás változásának hatása kevésbé érvényesült.

A 7 napig 6 °C-on tárolt mintáknál jelentős különbség figyelhető meg a kezelési sorrendek függvényében. A TP-kezelés esetén nem volt interakció a nyomás és a hőmérséklet között. A nyomás növelésével csökkentek az összmikrobaszámok, míg a hőmérséklet változása a vizsgált tartományon belül alig okozott változást az összmikrobaszámokban. Azoknál a mintáknál, amelyeknél PT kezelés alkalmaztam, az illesztett felület görbült, vagyis a nyomás és hőmérséklet közti összefüggés nem lineáris.

A 14 napig 15 °C-on tárolt minták esetében a kezelések sorrendjétől függetlenül hasonló parabolikus válaszfelületeket kaptam, vagyis mind a két esetben szignifikáns volt az interakció az összmikrobaszámok és a független változók (nyomás és hőmérséklet) között.

Az összmikrobaszám eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a 300 MPa alatt végzett nyomáskezelést kíméletes hőkezeléssel kombinálva a gyümölcs smoothie fogyaszthatósága, akár magasabb tárolási hőmérsékleten is meghosszabbítható. A 250 MPa és 60 °C kombinációját alkalmazva, 6 °C-on kéthetes tárolás követően is 10^3 TKE/ml alatt maradt a termék összmikrobaszáma és kéthetes, 15 °C-os tárolás mellett sem haladta meg a 10^4 TKE/ml nagyságrendet.

3.2.2. A kezelések patogén baktériumokra gyakorolt hatásának vizsgálata

3.2.2.1. A kezelések hatékonysága a *Salmonella* jelenlétére/hiányára

A *Salmonella* szám meghatározása csak a kontroll, az 50 °C-on, 150 MPa-on, 50 °C-150 MPa-on és a 150 MPa-50 °C-on kezelt minták esetén volt lehetséges, de a tesztmikroba jelenlét/hiány próbával kimutatható volt a friss és a 3 napig 15 °C-on tárolt 250 MPa-on kezelt minta esetében, valamint a friss 50 °C-250 MPa-on, az 55 °C-200 MPa-on és a 200 MPa-55 °C-on kezelt mintákból is.

A 250 MPa-on kezelt mintánál különbség volt a 3 napig különböző hőmérsékleten tárolt minták között, 6 °C-on negatív, 15 °C-on pozitív eredményt kaptam. Azoknál a mintáknál, ahol az 50 °C-os hőkezelést 250 MPa-os nyomáskezeléssel kombináltam, különbség volt a jelenlét-hiány próba eredményében a kezelések sorrendjét nézve a friss minták esetében. Az előbb hő-, majd nyomáskezelt mintánál pozitív, míg a fordított sorrendben kezelt párjánál negatív eredményt kaptam.

A különböző eredmények a következőképpen magyarázhatók. A *Salmonella* nagynyomású kezelését célzó kutatások során megállapították, hogy a HHP jelentős károsodást okoz a *Salmonella* sejtek sejt falában, sejtmembránjában és a citoplazma komponenseiben (Yang et al., 2012; Wang et al., 2013). Továbbá bebizonyosodott, hogy a HHP-kezelések alkalmazása a fehérjék részleges lebomlásához vezet, ami rontja a baktériumok képességét a későbbi stresszhatásokból való helyreállításra és regenerálódásra (Wang et al., 2013). A kezdeti HHP-kezelés kiterjedt sejt károsodást okoz, ami a *Salmonella* sejteket érzékenyebbé teszi a későbbi enyhe hőkezelésre (Ogihara, 2009). Ha a HHP után enyhe hőkezelés következik, a már károsodott sejtek kevésbé képesek ellenállni a további stressznek, ami hatékonyabb inaktiválást eredményez. Ez a kombináció biztosítja, hogy a túlélő sejtek a hő hatására tovább inaktiválódjanak, ami a *Salmonella* kimutatási határ alá való csökkenéséhez vezet. Ha a kezeléseket fordított sorrendben alkalmazzuk, vagyis először enyhe hőkezelést végzünk, az nem okoz elegendő károsodást a regenerálódás megakadályozásához. A későbbi HHP-kezelés nem biztos, hogy ugyanolyan hatékony lesz, mert a sejtek nem sérültek meg előzetesen, így néhányuk túlélhet és kimutatható marad.

Azok a minták, melyek 60 °C-on lettek kezelve, legyen szó egyszeres vagy kombinált kezelésről, végig negatívak voltak a jelenlét hiány próbán.

3.2.2.2. A *Salmonella* szám időbeli változása a kéthetes tárolás során

A *Salmonella* számok a kéthetes 6 °C-on történő tárolás során csökkenő tendenciát mutattak. A kezelt minták *Salmonella* száma a tárolási idő végéig a kontroll minta alatt maradt, legyen szó egyszeresen vagy kombináltan kezelt mintáról. A kezelések közül a kombinált kezelések bizonyultak a legeredményesebbnek. Az önmagában alkalmazott hő- vagy nyomáskezelések közül a nyomáskezelés bizonyult hatásosabbnak.

A 200 MPa-55 °C, 60 °C-150 MPa, 150 MPa-60 °C 50 °C-250 MPa 250 MPa-50 °C, 60 °C-250 MPa, 250 MPa-60 °C, 55 °C-200 MPa és 200 MPa-55 °C-on kezelt minták *Salmonella* száma kimutatási határ alatt maradt (vizsgált mintamennyiség: 1 ml), de a 200 MPa-55 °C, 55 °C-200 MPa és 50 °C-250 MPa-on kezelt minták esetében jelenlét-hiány próbával kimutatható volt (25 ml mintából).

Azon minták esetében, melyeknél a *Salmonella* szám nem kimutatási határ alatt volt, az 50 °C-150MPa-on kezelt minta kivételével, a kéthetes 15 °C -on történő tárolás során kezdetben növekvő, majd a harmadik nap után csökkenő tendencia figyelhető meg. A kezdeti növekedés a kombináltan kezelt minták esetében jóval kisebb volt, mint azoknál a mintáknál, amik csak hő- vagy csak nyomáskezelést kaptak. Az 50 °C-150 MPa-on kezelt minta esetében egészen a 7. napig a *Salmonella* szám közel változatlan maradt. A kombináltan kezelt minták *Salmonella* száma a tárolási idő alatt végig a kontroll alatt maradt, azonban azokban a mintákban, amelyek csak hő- vagy csak nyomáskezelést kaptak a *Salmonella* szám már egy hét tárolást követően utolérte a kontrollt.

3.2.2.3. *A friss minták Salmonella számának alakulása*

3.2.2.4. *A Salmonella számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva*

Az eredményeket az idő szerinti csoportosítás alapján értékelve megállapítható, hogy azok közül a minták közül, melyeknél számolható volt a *Salmonella* szám a kombinált kezelések eredményezték a legalacsonyabb *Salmonella* számot mind a három mintavételi napon és mind a két tárolási hőmérsékleten. A kezelések sorrendjét illetően a 7. napon magasabb hőmérsékleten tárolt PT-kezelés szignifikánsan jobb, mint a fordított sorrendben kezelt párja.

3.2.2.5. *Salmonella számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva*

Magasabb tárolási hőmérsékleten a kezelt minták *Salmonella* száma a tárolás során kezdetben magas, majd az idő előrehaladtával egyre alacsonyabb értékre csökkent, ehhez képest alacsonyabb tárolási hőmérséklet mellett viszonylag állandó maradt. A kezelések közül a PT és TP kombinációk voltak a leginkább hatékonyak és a kezelési sorrendnek is szerepe volt. Alacsonyabb tárolási hőmérsékleten a 3 napig tárolt, magasabb tárolási hőmérsékleten a 7 napig tárolt minták között volt szignifikáns különbség, a PT kezelési sorrend volt a hatékonyabb.

3.2.2.6. *A Listeria monocytogenes szám időbeli változása a kéthetes tárolás során*

A *Listeria monocytogenes* esetében csak a kontroll, 50 °C-on, 150 MPa-on, 50 °C-150 MPa-on, 150 MPa-50 °C-on, valamint a 250 MPa-on kezelt mintáknál volt számolható az eredmény, a többi mintánál kimutatási határ alatt maradtak a *Listeria* számok.

A *Listeria monocytogenes* számok a 6 °C-os és a 15 °C-os, kéthetes tárolás során is csökkenő tendenciát mutattak. Mind a két tárolási hőmérsékleten a 250 MPa-os kezelés volt a leghatásosabb azok közül a minták közül, melyeknél a *Listeria*

monocytogenes szám nem kimutatási határ alatt volt, még az alacsonyabb nyomás értékű kombinált kezeléseknél is nagyobb mértékű csökkenést eredményezett. A kontrollhoz képest kezdetben 2, a tárolás végére 4 nagyságrenddel volt kisebb a *Listeria monocytogenes* szám annál a mintánál, melynél 250 MPa-os nyomáskezelést alkalmaztam, ellenben az 50 °C-os, 150 MPa-os, 50 °C-150 MPa-os és 150 MPa-50 °C-os kezeléssel, amiknél csupán 0,5-1 nagyságrendnyi csökkenést figyeltem meg. Az elért csökkenés összehasonlítható **Scolari és munkatársai (2018)** eredményeivel, akik a legmagasabb sejtletalitást (6,0 log TKE/ml) 300 MPa-os nyomáskezelést 50 °C hőkezeléssel kombinálva érték el. Ezen felül összhangban áll **Zacconi és munkatársai (2015)** eredményeivel is (5,16 log sejtszámcsökkenés), akik gyümölcsös turmixokat kezeltek 229 MPa nyomáson és 45 °C hőmérsékleten. Alacsonyabb tárolási hőmérsékleten a kombinált kezelések közül az volt eredményesebb, amelynél előbb nyomás, majd hőkezelést alkalmaztunk és ugyanez a megállapítás magasabb tárolási hőmérsékletre is érvényes, de csak a 3. napig, utána az eltérő sorrendben alkalmazott hő és nyomáskezelések hasonló eredményeket hoztak.

Összeségében megállapítható, hogy nem volt szignifikáns különbség az önmagában és a kombinációban alkalmazott 50 °C-os hőkezelés és a 150 MPa-os nyomáskezelés *Listeria monocytogenes*-re gyakorolt hatása között. Az is megfigyelhető, hogy a *Listeria* esetében nem volt jelentős hatása a tárolási hőmérsékletnek, ami a pszichrotrof tulajdonságának köszönhető.

A 300 MPa alatti HHP-kezelés hatékonyságát a *Listeria* inaktiválására gyümölcslevegekben, pürékben vagy turmixokban csak korlátozott számú tanulmány vizsgálta, legyen szó akár önmagában, akár enyhe hőkezeléssel kombinált nyomáskezelésről. **Buzrul és munkatársai (2008)** 300 MPa nyomáson, 20 °C-on, 5 percig tartó nyomáskezelést alkalmaztak az *Escherichia coli* O157:H7 és a *Listeria innocua* inaktiválására. Ugyanazzal a kezeléssel kivülében 4 log csökkenést, ananászlében viszont csak 1 log csökkenést értek el. **Barba és munkatársai (2014)** legalább 5 log csökkenést értek el a *L. monocytogenes* baktériumok számában egy pufferezt gyümölcs kivonatban, amikor azt 300 MPa-nál nagyobb nyomásnak tették ki 5 percnél hosszabb ideig.

3.2.2.7. *Listeria monocytogenes* számok értékelése a tárolási idő szerint csoportosítva

Azoknál a mintáknál, melyeknél számolható volt a *Listeria monocytogenes* szám, a tárolási hőmérsékletnek nem volt szignifikáns hatása, a mintákat az egytényezős ANOVA mind alacsonyabb, mind magasabb tárolási hőmérsékleten ugyanazokba a csoportba sorolta. A 250 MPa-os kezelés bizonyult a leghatékonyabbnak, hatása a vizsgált tárolási idő alatt állandónak mondható. A kombinált kezelések sorrendjét illetően a 3. napon a PT sorrend volt jobb, mint a TP sorrendű kezelés.

3.2.2.8. *Listeria monocytogenes* számok értékelése a tárolási hőmérséklet szerint csoportosítva

A tárolás hőmérséklet szerint csoportosított minták elemzését összegezve, a 15 °C-os tárolási hőmérséklet stabil környezetnek bizonyult a *Listeria monocytogenes* számára, mivel egyik kezelés esetén sem romlik vagy javul szignifikánsan a *Listeria* szám a kéthetes tárolási időszak alatt. Az elemzett kezelések közül a 250 MPa-os kezelés volt leghatékonyabb alacsonyabb és magasabb tárolási hőmérsékleten egyaránt. Bár a kombinált kezelések közül a PT számszerűleg jobban teljesített (PT - b csoport, TP – bc csoport), statisztikai szempontból nem lehet kijelenteni, hogy a nyomáskezelést a hőkezelés előtt alkalmazva szignifikánsan jobb eredményt kaptunk alacsonyabb és magasabb tárolási hőmérsékleten is. A 15 °C-os 150 MPa-50 °C-os és 150 MPa-os kezelés kivételével ugyancsak nem lehetett különbséget tenni az egyszeres (250 MPa kivétel) és a kombinált kezelések között sem.

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a *Salmonella* a *Listeria monocytogenes*-hez képest fokozott érzékenységet mutatott az alkalmazott kezelésekre. Hasonlóan **Xu és munkatársai (2009)** tanulmányához, akik szintén ugyanerre az eredményre jutottak, amikor *S. enterica* és *L. monocytogenes* baktériumokat vizsgáltak ionmentes vízben, narancslében és paradicsomlében, 300 MPa-s kezelés után.

A smoothie mintákkal végzett mikrobiológiai vizsgálatok alapján a 250 MPa-os nyomáskezelés és a 60 °C-os enyhe hőkezelés kombinációja amellest, hogy az összmikrobaszám értéket alacsony szinten tudta tartani, mikrobiológiai élelmiszerbiztonsági szempontból is megfelelőnek bizonyult. A vizsgált két patogén mikroorganizmus (*Salmonella* és *Listeria monocytogenes*) a kezelések sorrendjétől függetlenül nem volt kimutatható egyik esetben sem, ezért a további vizsgálatokhoz (érzékszervi bírálat, viszkozitás mérés, színmérés, összes monomer antocianin-tartalom, antioxidáns kapacitás, összes polifenol-tartalom) ennek a két kezelésnek a kombinációját választottam ki és alkalmaztam a termék elkészítése során, melyet a továbbiakban csak 6 °C-on tároltam.

3.3. A smoothie érzékszervi tulajdonságainak értékelése

3.3.1. Érzékszervi bírálat eredményei

A mikrobiológiai eredmények alapján kiválasztott minták érzékszervi bírálata során a bírálók megállapították, hogy a két hétig tárolt kontroll minta mutatta a legnagyobb sűrűséget, és a 60 °C-250 MPa és 250 MPa-60 °C-on kezelt minták voltak a leghígabbak. A két hétig tárolt kontroll minta jelentősen különbözött a többi mintától, kivéve a 250 MPa-60 °C-on kezelt és két hétig tárolt mintát. A friss kontroll minták valamivel nagyobb sűrűséget mutattak, mint a kezelt minták, ami azt jelzi, hogy a kezelések a minták sűrűségének csökkenését eredményezték. A 60 °C-250 MPa-os kezelés hatékonyabbnak tűnik a smoothie eredeti

textúrájának megőrzésében a kéthetes tárolási időszak alatt, de statisztikailag nem különbözött a fordított sorrendben kezelt párjától.

A 250 MPa-60 °C-on kezelt friss minta volt a legkevésbé barnás színű, míg a két hétig tárolt, azonos módon kezelt minta tűnt a legbarnábbnak. A legkevésbé az a friss minta barnult meg, amely nyomáskezelés után kapott hőkezelést. Bár a friss kontroll minta barnább volt, nem lehet arra következtetni, hogy a kezelés világosodást eredményezett volna. Inkább azt lehet feltételezni, hogy a kombinált kezelések lelassították a barnulási folyamatot. Mire a bírálók elé kerültek a vizsgálati minták, a friss kontroll minta kissé megbarnult. Figyelemre méltó ez a különbség a minták között, amely a 14 napos tárolás végére teljesen eltűnt és a bírálók ugyanolyan barnának ítélték őket.

A bírálók megállapították, hogy a 250 MPa-60 °C-on kezelt mintának volt a leginkább gyümölcsös illata, míg a 60 °C-250 MPa-on kezelt, két hétig tárolt mintán érződött a legkevésbé. A kontrollminta a tárolás ellenére is megőrizte kedvező aroma jellemzőit, és lényegében ugyanolyan pontszámot ért el, mint a friss minták. A friss minták esetében úgy tűnik, hogy a nyomáskezelés után alkalmazott hőkezelés eredményezett intenzívebb gyümölcsös jelleget.

A bírálók a friss kontroll mintát érezték a leginkább gyümölcsös ízűnek, és a 60 °C-250 MPa-on kezelt, 14 napig tárolt mintát érezték a legkevésbé gyümölcsösnek. A friss és a tárolt minták között szignifikáns ízbeli különbség volt mind a kezelt, mind a kezeletlen minták esetében. A rangsorszámok alakulása egyértelműen azt mutatja, hogy a tárolási körülmények döntő hatást gyakoroltak a minták ízére, szemben az alkalmazott tartósítási eljárás jelenlétével vagy típusával. A bírálók kombinált kezelés típusától függetlenül a tárolt mintákat kevésbé érezték gyümölcsös ízűnek, mint a friss mintákat.

Kedveltség szempontjából a bírálók a friss kontrollt sorolták az első helyre és a két hétig tárolt párját az utolsóira. Ismét jelentős különbség mutatkozott a friss és a tárolt minták között. Amint az várható volt, a bírálók a rangsorszámok alapján a frissen elkészített mintákat részesítették előnyben.

Keenan és munkatársai (2012a) HHP-vel és kíméletes hőkezeléssel kezelt alma-, eper-, banán- és narancs smoothie-k érzékszervi tulajdonságait vizsgálták. Azt állapították meg, hogy a termékek frissességi jellemzői - beleértve a friss színt, a friss illatot, a friss ízt és a rózsaszín színt - fokozatosan csökkentek a tárolás során. Az ízromlás az észter- és aldehidvegyületek lebomlásának vagy oxidációjának tulajdonítható, amelyet feltehetően a maradék enzimaktivitás okoz.

3.3.2. A viszkozitás mérés eredményei

Megfigyelhető, hogy a nyírási sebesség és a nyírófeszültség, valamint a nyírási sebesség és a látszólagos viszkozitás között nemlineáris kapcsolat áll fenn, ami igazolja a minták nem-newtoni reológiai viselkedését. Az áramlási görbék konvex profilja és az áramlási viselkedési index ($0 < n < 1$) értékek azt jelzik, hogy a smoothie minták pszeudoplasztikus áramlási viselkedést mutattak. A nyírási

sebesség növekedésével a pszeudoplasztikus viselkedés növekvő nyírófeszültségértékeket és csökkenő látszólagos viszkozitásértékeket mutat, mivel a molekuláris kölcsönhatások gyengülnek (**Figura et al., 2007**). A smoothie minták pszeudoplasztikus áramlási viselkedését számos kutató megfigyelte (**Keenan et al., 2012b, Ozcan et al., 2011**).

Fontos megjegyezni, hogy az összes vizsgált minta folyáshatárral rendelkezett, ami azt jelzi, hogy a minták áramlásának megkezdéséhez minimális nyírófeszültség szükséges (**Figura et al., 2007**). Továbbá valamennyi tárolt minta esetében a kis nyírósebesség-tartományban ($10\text{--}73,6\text{ s}^{-1}$) megfigyelt látszólagos viszkozitás ingadozása a textúra inhomogenitására utal.

A folyáshatár értéke volt az egyetlen paraméter a Herschel–Bulkley-modellben, amely képes volt statisztikailag megkülönböztetni a mintákat. Ebben a paraméterben minden esetben szignifikáns különbség volt megfigyelhető a friss és a tárolt minták között. Tárolás után kisebb nyírófeszültség volt szükséges az áramlás kiváltásához. A friss minták esetében az alkalmazott kémleletes tartósítási eljárásoknak nem volt szignifikáns hatása a smoothie folyáshatárára. Tárolás utána azonban jelentős különbség volt látható a kontrollminta és az előbb hőkezelésen, majd nyomáskezelésen átesett minta között.

Hasonló tendencia volt megfigyelhető a látszólagos viszkozitási értékeknél alacsonyabb (100 s^{-1}) és magasabb (1000 s^{-1}) nyírófeszültség esetén. Az egyetlen különbség az volt, hogy tárolás után mindkét kezelt minta jelentősen eltért a kontrolltól. Megállapítható, hogy friss minták esetében a kezelés hatása a látszólagos viszkozításra a vizsgált nyírósebességek mellett nem kimutatható, de a tárolás egyértelműen csökkentette az összes minta viszkozitását. Tárolás után a 60 °C - 250 MPa -on kezelt minta hasonlított legjobban a friss mintákra, és a kontroll minta mutatta a legnagyobb viszkozitáscsökkenést. Ez az eredmény ellentétben áll az érzékszervi bírálat eredményeivel, amelyekben a bírálók a kontrollmintát értékelték a legsűrűbbnek, ami valószínűleg a mintában található inhomogén részecskéknek tudható be.

A konzisztencia-indexben bekövetkezett változások iránya a látszólagos viszkozitásnál megfigyelt tendenciákat követte, de a különbségek egyik esetben sem voltak szignifikánsak. **Wang és munkatársai (2014)** szintén arról számoltak be, hogy a konzisztencia-index nem tükrözi a látszólagos viszkozitás változását. A kombinált kezelések sorrendjüket tekintve sem a folyáshatár, sem a látszólagos viszkozitás, sem pedig a konzisztencia-index alapján nem különböztek egymástól.

3.3.3. A színtani tulajdonságok értékelése

A minták színe összességében a kezelés és a tárolás hatására minimálisan változott. A frissen készített turmixminta rózsaszín volt. A kezelésekre hatására a friss (nem tárolt) minták L^* és b^* értékei enyhén nőttek, míg az a^* értékek enyhén csökkentek (vagyis a minták kissé világosabbak és sárgább, valamint kevésbé vöröses árnyalatúak lettek). A 14 napig tárolt minták esetében a kontroll mintákat

a kezelttekkel összehasonlítva enyhe csökkenés volt tapasztalható az L^* értékekben és enyhe növekedés az a^* értékekben. **Terefe és munkatársai (2009)** szintén hasonló tendenciát figyeltek meg az L^* értékében a számoça 4-6 hetes tárolása során. A kezelt minták a^* értékei a kontrollhoz képest 10,18%-os, illetve 14,80%-os csökkenést mutattak. A minták vörös színének csökkenése a maradék enzimaktivitásnak tulajdonítható, amely a fenolos vegyületek enzimatis barnulását okozza. **Škegro és munkatársai (2021)** hasonló tendenciát találtak az a^* paraméter tekintetében a 350 és 450 MPa nyomáson kezelt gyümölcsturmixban.

Összeségében a kezelések sorrendje nem volt jelentős hatással a minták színére. Ugyanerre a következtetésre jutottunk korábbi vizsgálatunkban eperpüré minták esetében, ahol magasabb kezelési paramétereket alkalmaztunk a HHP és hőkezelés kombinálása során (**Salamon et al., 2021**).

A friss minták és a 14 napig tárolt minták összehasonlítása az L^* tényező kivételével szinte minden esetben szignifikáns eltéréseket mutatott. Az egyetlen kivétel a friss kontroll és a tárolt kontroll minták b^* és C^* értékei, valamint a friss és a tárolt, 250 MPa–60 °C kezelésen átesett minták króma értékei voltak.

A friss minták összehasonlítása nem mutatott jelentős különbségeket az L^* és a króma értékekben. A többi paraméter esetében azonban a kontrollminta jelentősen különbözött a kezelt mintától.

A 14 napig tárolt minták összehasonlításakor szignifikáns különbség nem volt észlelhető a minták között az L^* és a b^* tényezők tekintetében. Azonban minden más esetben a kontrollminta szignifikánsan különbözött a kezelt mintáktól. Ezenkívül a két különböző sorrendben kezelt minta is mutatott különbségeket, különösen az a^* és az árnyalati szög tekintetében. Az a^* tényező esetében a PT-sorrendben kezelt minta, míg a színezeti szög esetében a TP-sorrendben kezelt minta hasonlított jobban a friss kontrollra.

A minták színének összehasonlítását a mért színtényezők és a színingerkülönbség (ΔE^*) alapján is elvégeztem. A ΔE^* értékek a kontrollmintához, valamint egymáshoz viszonyítva kerültek kiszámításra. A ΔE^* értékek azt mutatták, hogy a kezelések nem okoztak jelentős változást a minták színében. A legnagyobb különbség is csak az észrevehető kategóriába sorolható. A változás észrevehető volt a két kontrollminta esetében, a kontroll és a kezelt minták között, valamint a tárolás hatására is. A különböző sorrendben kezelt friss (nem tárolt) minták között nem volt észrevehető különbség, ami alátámasztja korábbi megállapításunkat, miszerint a kezelés sorrendje nem befolyásolja a színváltozást.

5.3.4. Elektronikus orr mérések

A virtuális érzékelők használatának előnye abban rejlik, hogy lehetővé teszi a specifikus szenzorokhoz kapcsolódó illékony anyagok azonosítását, azaz a kromatogram csúcsok retenciós indexeinek meghatározását. Ezáltal lehetséges a minta illatanyagainak nemzetközi vagy saját rögzített adatbázisokból történő

azonosítása, ami más szenzor alapú elektronikus orrok esetében ritkán lehetséges. Az egyes csoportok reprezentatív mintáinak kromatogramjai alapján az acetaldehid, az etanol, a propánal, a hexanal és az 1-hexanol voltak a legdominánsabb illékony anyagok a kromatogram csúcsok RI-je alapján, amelyek mind gyümölcsös illatra utalnak. Az azonosított komponensek jelenléte a következő folyamatokkal magyarázható. A zsírsavakat, általában a linolsavat és a linolénsavat, oxidatív lebontás során a lipoxigenáz vagy hidroperoxid-liáz illékony aldehidekké, például hexanállá alakítja (Ozcan et al, 2011). Az aldehideket ezután alkohol-dehidrogenázok alkohollá alakítják (Mitchell és Jelenkovic, 1995).

Az elektronikus orrmérésből származó többváltozós adatok főkomponens-elemzése domináns illatkülönbséget mutatott a friss és a tárolt minták között. A tárolt minták illatvariációjára nagyobb volt. A kontroll és a kezelt minták különböztek egymástól, frissen és tárolva egyaránt. A két kezelt csoport átfedése mutatja az illatok hasonlóságát, de megjegyezhető, hogy a 60 °C-250 MPa-on kezelt minták különböztek legjobban a kontrollcsoportoktól, akár frissek, akár tároltak voltak. A diszkriminancia-faktoranalízis ugyanezt a mintázatot mutatta, de a felügyelt megközelítés miatt a csoportok elkülönülése nagyobb volt. A kiválasztáshoz az Alpha Soft program automatikus szenzorválasztó funkcióját használtuk. Abban az esetben, amikor a diszkriminancia-faktoranalízist a kiválasztott szenzorokkal futtattuk az eredmények azt mutatták, hogy a tárolás során néhány illékony anyag elveszett. A legnagyobb csökkenést a gyümölcsös illat kialakításában nem legdominánsabb komponensek pl. a benzaldehid esetében figyelhetők meg, de az etanol és az etil-hexanoát is csökkent. Az oktanol minden tárolt mintában növekedést mutatott. A propanal és az acetaldehid a tárolás során nőtt a kontroll és a 60 °C-250 MPa-on kezelt csoportokban.

3.3.5. Elektronikus nyelv mérések

Az elektronikus nyelv szenzorainak instabilitása miatt a nyers szenzorjelek értékelése alapján a minták első három ismételt mérését kizártam a további analízisből. Megfigyelhető volt, hogy az érzékelők többsége legalább néhány vizsgált minta között jelentős eltéréseket mutatott.

A vizsgált smoothie minták elektronikus nyelv szenzorainak nyers jelei között kiszámított euklideszi távolságokat alapján a legnagyobb távolságok a friss és a tárolt minták csoportjai között voltak megfigyelhetők, ami két fő csoport kialakulására utal a vizsgált smoothie minták kémiai profiljai alapján. A kezelt friss minták csoportjai rövidebb távolságra voltak a friss kontrolltól, mint a 14 napig tároltak.

A kiválasztott hat szenzor drift-korrigált eredményeire végzett főkomponens-analízis eredményei alapján az első két főkomponens a teljes variancia körülbelül 94%-át képviselte, és a hat mintatípus egyértelmű elkülönülését eredményezte. A legmarkánsabb elkülönülés a PC1 alapján volt megfigyelhető a friss és a tárolt minták csoportjai között. A PC2 egyértelműen elkülöníti a kontroll és a kezelt

mintacsoportokat. Ezenkívül elkülönülés volt megfigyelhető a különböző kezelési típusok között (PC2–PC3). A hat kiválasztott elektronikus nyelv szenzornak az első három főkomponensen kialakításában betöltött szerepe, megerősíti a korábban említett mintázatok elkülönülését.

3.4. A humán érzékszervi bírálat és a műszeres vizsgálatok eredményeinek összevetése

A humán érzékszervi bírálat és a műszeresen vizsgált érzékszervi jellemzők eredményeit összehasonlítva egy-két esettől eltekintve a műszeres analízisek eredménye megegyezett a humán érzékszervi bírálat eredményével. Az egyik ilyen különbség az állománymérésnél adódott, ahol a bírálók szerint a 60 °C-250 MPa-on kezelt, 14 napig tárolt minta hasonlított legjobban a kontrollhoz, míg a műszeres mérés alapján ugyanezen mintának a friss és fordított sorrendben kezelt friss párja tért el legkevésbé reológiai tulajdonságait tekintve a kontrolltól. A különbség valószínűleg a mintában található inhomogén részecskéknek köszönhető. Érdekesség, hogy bár mind a bírálók vélemény, mind a viszkozitás mérés eredményei alapján a 14 napig tárolt kontroll minta hasonlított legkevésbé a friss kontrollra, a bírálók ezt érezték a legsűrűbbnek, míg a műszeres mérés alapján ez bizonyult a leghígabbnak. A kombináltan kezelt minták között sem a bírálók, sem a műszeres mérés nem tudott szignifikáns különbséget tenni.

A minták színének vizsgálata során a bírálók a 14 napig tárolt kontrollt és a 14 napig tárolt 60 °C-250 MPa-on kezelt mintát tartották a friss kontrollhoz leghasonlóbbnak. Megjegyzendő, hogy statisztikailag nem lehet különbséget tenni az előbb említett két minta és a 250 MPa-60 °C-on kezelt minták között, így a színmérés és a humán érzékszervi bírálat eredménye gyakorlatilag nem tért el jelentősen egymástól. A kontrolltól leginkább eltérő minta mind a humán, mind a műszeres mérés esetében a 250 MPa-60 °C-on kezelt minta lett. A kombináltan kezelt mintákat sem a bírálók, sem a műszerek nem tudták megkülönböztetni.

A gyümölcsös illat vizsgálata során a bírálók és az elektronikus orral történő vizsgálat egyaránt a 250 MPa-60 °C-on kezelt mintát tartotta leghasonlóbbnak az eredetihez, és a 60°C-on-250 MPa-on kezelt mintát a friss kontrolltól leginkább eltérőnek. Bár a bírálók nem érzékelték különbséget sem a két friss, sem pedig a két tárolt, különböző sorrendben kezelt minta között, műszeres vizsgálattal a tárolt minták esetében különbség volt kimutatható a TP és PT-sorrendben kezelt minta között.

A minták ízének összehasonlítása során a friss kontrollhoz legjobban hasonlító minta mindkét esetben a 250 MPa-60 °C-on kezelt lett. Míg a kontrolltól leginkább eltérő a bírálók szerint a 60 °C-250 MPa-on kezelt, 14 napig tárolt minta, az elektronikus nyelv mérések alapján viszont a 14 napig tárolt kontroll lett. Megemlítendő, hogy a bírálók által felállított rangsorszámok alapján a 14 napig tárolt minták nem különböztek egymástól szignifikánsan, így ez esetben sem volt jelentős különbség a műszeres és a humán vizsgálat eredménye között.

Míg a bírálók nem tudták megkülönböztetni a mintákat azok kezelési sorrendje szerint, a műszeres vizsgálat különbséget tudott tenni a tárolt minták között.

3.5. A smoothie bioaktív komponensei

A smoothie mintákra az alkalmazott kezeléseknek és a tárolásnak is szignifikáns hatása volt azok antocianin tartalmát figyelembe véve. A friss minták esetében a kezelt minták szignifikánsan különböztek a kontrolltól és köztük a kezelési sorrendet illetően is különbséget lehetett tenni. A kontrollhoz a TP-kezelt minta hasonlított jobban. Az idő előrehaladtával a TP-kezelt minta őrizte meg legjobban antocianin tartalmát, de összeségében nézve a minták antocianin tartalma a tárolás során jelentősen csökkent.

Az összes polifenol-tartalomra a tárolásnak nem volt szignifikáns hatása, a kezelések viszont jelentősen befolyásolták a bioaktív komponens értékének alakulását. Az alkalmazott kezelések az összes polifenol-tartalom csökkenését okozták a kontroll mintához képest, és az antocianin-tartalomhoz hasonlóan, ez esetben is a TP-sorrend volt a kedvezőbb, akár a friss, akár a tárolt mintákat hasonlítjuk össze egymással. A kezelési sorrendbeli különbség statisztikailag is kimutatható volt mind a két vizsgálati időpontban.

Az antioxidáns kapacitás értékek a kezelések hatására szignifikáns csökkenést mutattak. Ez esetben a PT-sorrend eredményezett magasabb antioxidáns kapacitás értékeket. A három friss és három tárolt mintát egymással összehasonlítva, valamennyi esetben szignifikáns különbség figyelhető meg. A tárolásnak szintén szignifikáns hatása volt, a tárolási idő előre haladtával a mért értékek szignifikánsan csökkentek.

Összességében a bioaktív komponensek mennyiségének alakulására a kezeléseknek és - az összes polifenol-tartalom kivételével - a tárolásnak is szignifikáns hatása volt. A kezelések között azok sorrendjét tekintve valamennyi vizsgált paraméter esetében különbséget tudtam tenni. Az antocianin-tartalom és az összes polifenol-tartalom esetében a TP-sorrend, míg az antioxidáns kapacitás esetében a PT-sorrend volt előnyösebb.

Bár meglehetősen kevés tanulmány foglalkozik a HHP és az kíméletes hőkezelés kombinációjának bioaktív komponensekre gyakorolt hatásával a kezelések sorrendjére összpontosítva, a látszólag ellentétes jelenség feltehetően a következőkkel magyarázható: a hőkezelés sokkal hatékonyabb a polifenol-oxidáz (PPO) és a peroxidáz (POD) enzimek inaktivációját illetően, míg a HHP gyakran csak részlegesen inaktivációra képes. A hőkezelés vagy az kíméletes hőkezeléssel kombinált HHP azért eredményezhet stabilabb polifenol-szintet, mert a kezdeti hőhatás kiiktatja az oxidatív enzimeket, így nem lesz, ami a feldolgozást követően vagy a tárolás során lebontsa őket. Ezen felül a rövidebb hőhatás, amit HHP-vel kombinálunk, csökkentheti a hőérzékeny vegyületek degradációját, miközben mégis inaktiválja az enzimeket (Terefe et al., 2010, Salazar-Orbea et al., 2021).

A fenolos vegyületek a növényi sejtekben gyakran kötött formában találhatók. A HHP roncsolja a növényi sejtfalet és a sejtmembránokat, növeli azok áteresztőképességét, ami elősegíti a kötött polifenolok felszabadulását, extrakcióját a sejtmatrixból. (Navarro-Baez et al., 2022, Zhao et al., 2017). Ez a jelenség magyarázza, hogy sok esetben (Hu et al., 2020, Yasunaga et al., 2018) a HHP-kezelés után magasabb összes polifenol tartalmat (TPC) mérnek, mint a kontroll mintákban. A legtöbb tanulmány (Patras et al., 2009, Keenan et al., 2012c) szerint a HHP-kezelés hatékonyabban megőrzi a gyümölcsök és zöldségek fenolos vegyületeit, antioxidáns kapacitását a hőkezeléshez képest, ami gyakran csökkenést okoz a hőérzékeny molekulák oxidációja és lebomlása révén. A háttérben meghúzódó mechanizmusok sok tényezővel összefüggenek, többek között: a nyomásparaméterekkel, az élelmiszermatrixszal, a tárolási körülményekkel, a csomagolással, az adalékanyagokkal, az oldott oxigénnel, a maradék enzimaktivitással, valamint a fenolos vegyületek és más összetevők közötti kölcsönhatásokkal is (Zhao et al., 2017).

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

A számocapüré és az általam készített smoothie esetén megállapítható, hogy az önmagában alkalmazott kíméletes nagy hidrosztatikus nyomású kezelés vagy a kíméletes hőkezelés nem elegendő mikrobiológiai szempontból elfogadható termék előállításához. A két kezelés kombinációja azonban a termék stabilitásának jelentős javulását eredményezte. Eredményeim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a 300 MPa alatt végzett nyomáskezelést kíméletes hőkezeléssel kombinálva a gyümölcs smoothie fogyaszthatósági ideje, akár az átlagosnál magasabb tárolási hőmérsékleten is meghosszabbítható. A 250 MPa és 60 °C kombinációját alkalmazva, 15 °C-on kéthetes tárolást követően is 10^4 TKE/ml alatt maradt a termék összmikrobaszáma. Az alkalmazott kezeléskombináció hatékonyan inaktíválta a két vizsgált patogén baktériumot (*Salmonella*, *Listeria monocytogenes*), valamint előnyösnek bizonyult az értékes összetevők és érzékszervi tulajdonságok megőrzése szempontjából is. Az elvégzett mikrobiológiai, érzékszervi és kémiai vizsgálatok eredményei alapján az általam fejlesztett, 250 MPa és 60 °C kombinációjával kezelt smoothie termék fogyaszthatósági ideje 6 °C-on tárolva 14 napban határozható meg, de akár magasabb, 15 °C-os tárolás mellett is eltartható 7 napig. A termék pontos fogyaszthatósági idejének meghatározásához, az elvégzett vizsgálatokon túl további mikrobiológiai, analitikai, illetve érzékszervi vizsgálatokra is szükség lehet, például egyéb, a termékben esetlegesen előforduló patogén baktériumok (*E. coli*) vizsgálata, élesztő- és penészgombaszám meghatározás, pH, cukortartalom (Brix-fok), C-vitamin tartalom, melyeket a már elvégzett vizsgálatokkal együtt érdemes megismételni gyakoribb mintavételezés mellett. Az eredmények alapján akár az ipari gyakorlatban is megfontolandó az enyhébb nyomáskezelés más technológiával, például kíméletes hőkezeléssel kombinálva alkalmazni a savas pH-jú termékek, pl. gyümölcs smoothie-k tartósítására, ezzel csökkentve a technológiai költségeket. A jövőbeni kutatások szempontjából releváns kérdés a kombinált technológia és a kizárólagos HHP-kezelés üzemeltetési költségeinek összehasonlító elemzése. Érdemes továbbá vizsgálni a technológiai szinergiákat a kíméletes hőkezelés alternatíváival, például a pulzáló elektromos térerő (PEF) alkalmazásával vagy természetes inhibitorok (például aszkorbinsav, citromsav) hozzáadásával, kitérve ezen eljárások komplex minőségi paramétereire és gazdasági hatékonyságára is.

Összeségében az eredmények alapján a tárolásnak volt a legnagyobb hatása a vizsgált paraméterekre, valamint az alkalmazott kezelések is okoztak változásokat a kezeletlen mintákhoz képest. A kombinált kezelések esetében a kezelési sorrendnek volt a legkisebb szerepe a vizsgált jellemzők tekintetében, de bizonyos esetekben eltérést tapasztaltam a két különböző sorrendben alkalmazott kezelés hatása között.

Az érzékszervi jellemzők vizsgálata során a műszeres elemzés megerősítette a bírálók általi minősítés eredményeit, ezáltal megbízható, objektív eszközt biztosított a minták érzékszervi jellemzőinek meghatározására. A jövőbeni kutatások irányát célszerű kiterjeszteni az alkalmazott kezelések enzimaktivitásra gyakorolt hatásának vizsgálatára is. Emellett indokolt lehet a módszer alkalmazhatóságát egyéb, például bogycs gyümölcs alapú (málna, áfonya, szeder) smoothie-kban is tesztelni.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Igazoltam, hogy a szamócapüré (pH 3,6) esetében az ipari gyakorlatban alkalmazott minimális 300 MPa nyomásérték alatti kezelések is biztonságos terméket eredményeznek, ha kombinált kezelést alkalmaztam, és a nyomásérték eléri vagy meghaladja a 200 MPa-t (5 perc, szobahőmérséklet), a hőkezelés mértéke pedig az 55 °C-ot (5 perc). Az így kezelt termék összmikrobaszáma nem haladja meg a 10^3 TKE/ml értéket, és a *Salmonella*, ill. *Listeria monocytogenes* jelenléte sem kimutatható 14 napos 15°C-on történő tárolást követően.
2. Igazoltam, hogy a smoothie termék (pH 4,5) esetében (szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%), *Salmonella* Hartford induló sejtszám: 10^6 TKE/ml) az ipari gyakorlatban alkalmazott minimális 300 MPa nyomásérték alatti kezelések is biztonságos terméket eredményeznek, ha kombinált kezelést alkalmaztam, és a nyomásérték eléri vagy meghaladja a 250 MPa-t (5 perc, szobahőmérséklet), a hőkezelés mértéke pedig az 50 °C-ot (5 perc). Az így kezelt termékben a *Salmonella* jelenléte sem közvetlenül a kezelést követően, sem az azt követő 14 napos 15 °C-os tárolás alatt nem volt kimutatható, amennyiben a nyomáskezelés megelőzte a hőkezelést.
3. Igazoltam, hogy a smoothie termék (pH 4,5) esetében (szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%), *Listeria monocytogenes* induló sejtszám: 10^6 TKE/ml) a *Listeria monocytogenes* száma hatékonyan csökkenthető 100 TKE/ml alá, amennyiben a nyomásérték eléri vagy meghaladja a 200 MPa (5 perc, szobahőmérséklet), a hőkezelés mértéke pedig az 55 °C-ot (5 perc). Az így kezelt termékben a *Listeria monocytogenes* közvetlenül a kezelést követően, valamint az azt követő 14 napos 15 °C-os tárolás alatt a kimutatási határ alatt volt.
4. Igazoltam, hogy a smoothie termék (pH 4,5) esetében (szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%)) ha az alkalmazott kezeléskombináció nyomásszintje nem haladja meg a 250 MPa-t és a hőkezelés hőmérséklete nem haladja meg az 60 °C-ot, akkor az érzékszervi tulajdonságok jelentős romlásával nem kell számolni.
5. Igazoltam, hogy a kezelések sorrendje hatással volt a 14 napos hűtve tárolás alatt (6 °C) a smoothie termék (pH 4,5; szamóca (37%), banán (26%), mandulaital (24%), avokádó (13%)) bioaktív komponenseire. Az antocianin-tartalom és az összes polifenol-tartalom esetében az előbb alkalmazott 60 °C-os hő-, majd azt követő 250 MPa-os nyomáskezelés, míg az antioxidáns kapacitás esetében az előbb alkalmazott 250 MPa- os nyomás-, majd azt követő 60 °C-os hőkezelés őrizte meg hatékonyabban a bioaktív komponenseket.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Cikkek:

Zakariás, F., Taczman-Brückner, A., Kiskó, G. és Dalmadi, I. (2026). Enhancing food safety in fruit smoothies: Efficacy of high hydrostatic pressure and mild heat against Salmonella and Listeria monocytogenes. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. (published online ahead of print 2026), 446.2025.00270, Article 446.2025.00270, Elérhető: AKJournals <https://doi.org/10.1556/446.2025.00270>

Zakariás, F., Hidas, K.I., Kovacs, Z., Bázár, G., Taczman-Brückner, A., Dalmadi, I. and Kiskó, G. (2024). Shelf Life and Organoleptic Attributes of Multifruit Smoothies Treated by Combined Mild Preservation Technologies. *Applied Sciences*, 14, 11223. <https://doi.org/10.3390/app142311223>

Salamon, B., Zakariás, F., Csehi, B., Kiskó, G. és Dalmadi, I. (2021) Different sequence of high-hydrostatic pressure and mild-heat treatment on the colour and sensory characteristics of strawberry puree. *Acta Alimentaria*, 50, pp. 93–101. <https://doi.org/10.1556/066.2020.00165>.

Konferenciák:

Zakariás, F., Bajramović, B., Almoheb, Z., Dalmadi, I. és Kiskó, G. (2023). Investigation of injured cells due to minimal processing. *BiosysFoodEng 5th International Conference on Biosystems and Food Engineering Book of Proceeding*. Budapest, 2023. június.09. Elérhető: <https://biosysfoodeng.hu/2023/USB/posters/E527.pdf> (poszter)

Zakariás, F., Dalmadi, I. és Kiskó, G. (2023). Kíméletes hőkezelés és nagy hidrosztatikus nyomás egyedi és kombinált kezeléseinek hatása gyümölcs pürék mikrobiológiai biztonságára és minőségére az ajánlások összefüggésében. *Nagykőrösi Tartósítóiipari Konferencia*. Nagykőrös, 2023. május 09. (előadás)

Zakariás, F. (2023). Preservation of fruit smoothie by minimal processing. *MTA Élelmiszer-mikrobiológiai és Élelmiszer-biztonsági Munkabizottsági ülése*. Budapest, 2023. december 18. (előadás)

Zakariás, F. (2022). Preservation of fruits by minimal process and its microbial effect. *MTA Élelmiszer-mikrobiológiai és Élelmiszer-biztonsági Munkabizottsági ülése*. Budapest, 2022. május 12. (előadás)

Zakariás, F. (2021). The effect of combined treatment on pathogenic bacteria on different berries. *MiCent 2021: Integrative Biology Symposium Microbiology, Enteric Nervous System, Central Nervous System*, 2021. június 30. (előadás)

Leopold, A., Zakariás, F. (2017). Kombinált tartósító eljárások hatása szamócapürék színére, XXII. Bolyai Konferencia, Budapest, 2017. május 18. (poszter)

Irodalomjegyzék

4/1998. (XI. 11.) EüM rendelet az élelmiszerekben előforduló mikrobiológiai szennyeződések megengedhető mértékéről.

Barba, F.J., Criado, M.N., Belda-Galbis, C.M., Esteve, M.J., and Rodrigo, D. (2014). *Stevia rebaudiana* Bertoni as a natural antioxidant/antimicrobial for high pressure processed fruit extract: processing parameter optimization. *Food Chemistry*, 148: 261–267, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.048>

Benzie, I. F. F. és Strain, J. J. (1996) The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, pp. 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292> [Get rights and content](#)

Buzrul, S., Alpas, H., Largeteau, A., and Demazeau, G. (2008). Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in kiwifruit and pineapple juices by high hydrostatic pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 124(3): 275–278, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.015>

Christensen, Z. T., Ogden, L. V., Dunn, M. L. és Eggett, D. L. (2006) Multiple comparison procedures for analysis of ranked data. *Journal of Food Science*, 71, pp. S132–S143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb08916.x>.

Figura, L. O. és Teixeira, A. A. (2007) *Food Physics Physical Properties—Measurement and Applications*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-34194-9>.

Giusti, M. M. és Wrolstad, R. E. (2001) Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00, pp. F1.2.1-F1.2.13. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>.

Hidas, K. I., Nyulas-Zeke, I. C., Szepessy, A., Romvári, V., Gerhart, K., Surányi, J., Laczay, P. és Darnay, L. (2023) Physical properties of hemp drink-based ice cream with different plant proteins guar gum and microbial transglutaminase. *LWT - Food Science and Technology*, 182, Article ID 114865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114865>.

Hu, K., Peng, D., Wang, L., Liu, H., Xie, B. és Sun, Z. (2020) Effect of mild high hydrostatic pressure treatments on physiological and physicochemical characteristics and carotenoid biosynthesis in postharvest mango, *Postharvest Biology and Technology*, 172, 111381. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111381>

Ito, M., Ikehama, K., Yoshida, K., Haraguchi, T. és Yoshida, M. (2013) Bitterness prediction of H₁-antihistamines and prediction of masking effects of artificial sweeteners using an electronic tongue. *International Journal of Pharmaceutics*, 441, pp. 121–127.

Keenan, D. F., Brunton, N. P., Mitchell, M., Gormley, R. és Butler, F. (2012a) Flavour profiling of fresh and processed fruit smoothies by instrumental and sensory analysis. *Food Research International*, 45, pp. 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.002>.

Keenan, D. F., Tiwari, B. K., Patras, A., Gormley, R., Butler, F. és Brunton, N. P. (2012b) Effect of sonication on the bioactive, quality and rheological characteristics of fruit smoothies. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, pp. 827–836. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02915.x>.

Keenan, D.F., Röbke, C., Gormley, R., Butler, F. és Brunton, N.P. (2012c) Effect of high hydrostatic pressure and thermal processing on the nutritional quality and enzyme activity of fruit smoothies, *LWT - Food Science and Technology*, 45(1), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.006>

Kim, T.E., Gil, B., Kim, C.T. és Cho, Y.J. (2017) Enrichment of Phenolics in Harvested Strawberries by High-Pressure Treatment, *Food and Bioprocess Technology*, 10(1), 222–227. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1821-z>

Kovacs, Z., Szöllösi, D., Zaukuu, J.-L. Z., Bodor, Z., Vitális, F., Aouadi, B., Zsom-Muha, V. és Gillay, Z. (2020a) Factors Influencing the Long-Term Stability of Electronic Tongue and Application of Improved Drift. *Biosensors*, 10(7), Article ID 74.

Kovacs, Z., Bodor, Z., Zinia Zaukuu, J. L., Kaszab, T., Bazar, G., Tóth, T. és Mohácsi-Farkas, C. (2020b) Electronic nose for monitoring odor changes of *Lactobacillus* species during milk fermentation and rapid selection of probiotic candidates. *Foods*, 9(11), Article ID 1539. <https://doi.org/10.3390/bios10070074>.

- Laguerre, O., Derens, E. és Palagos, B. (2002). Study of domestic refrigerator temperature and analysis of factors affecting temperature: a French survey. *International Journal of Refrigeration*, 25(5), pp. 653–659. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(01\)00047-0](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(01)00047-0)
- Lee, E.-J., Kim, S.-H., and Park, S.-H. (2023). Effect of high hydrostatic pressure treatment on the inactivation and sublethal injury of foodborne pathogens and quality of apple puree at different pH. *Food Microbiology*, 114, 104302, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104302>
- Legin, A., Rudnitskaya, A., Kirsanov, D., Frolova, Y., Clapham, D., Caricofe, R., Pardo, M. és Sberveglieri, G. (2009) Assessment of bitterness intensity and suppression effects using an Electronic Tongue. In: *Proceedings of the 13th International Symposium on Olfaction and Electronic Nose*, Brescia, Italy, 15–17 April 2009. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 11, pp. 271–274.
- Lukács, Gy. (1982): *Színmérés*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 125-167.
- Mitchell, W. C. és Jelenkovic, G. (1995) Characterizing NAD- and NADP-dependent alcohol dehydrogenase enzymes of strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, pp. 798–801. <https://doi.org/10.1021/jf0516033>.
- MSZ EN 11290-2:2017 Horizontális módszer a *Listeria monocytogenes* és a *Listeria* fajok kimutatására és számlálására. 2. rész: Számlálási módszer.
- MSZ EN ISO 4833-1:2014 Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálására 30 °C-on, lemezöntéses technikával. 1. rész: A számlálás és az eredmények bemutatása.
- MSZ EN ISO 6579-1:2017 Horizontális módszer a *Salmonella* kimutatására, számlálására és szerotipizálására. 1. rész: A *Salmonella* fajok kimutatása.
- Navarro-Baez, J.E., Martínez, L.M., Welte-Chanes, J., Buitimea-Cantúa, G.V. és Escobedo-Avellaneda, Z. (2022) High Hydrostatic Pressure to Increase the Biosynthesis and Extraction of Phenolic Compounds in Food: A Review, *Molecules*, 27(5), 1502. <https://doi.org/10.3390/molecules27051502>.
- Ogihara, H., Yatuzuka, M., Horie, N., Furukawa, S., and Yamasaki, M. (2009). Synergistic effect of high hydrostatic pressure treatment and food additives on the inactivation of *Salmonella enteritidis*. *Food Control*, 20(11): 963–966, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.11.004>
- Ovca, A., Škufca, T. és Jevšnik, M. (2021). Temperatures and storage conditions in domestic refrigerators-Slovenian scenario. *Food Control*, 123, p. 107715. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107715>
- Ozcan, G. és Barringer, S. (2011) Effect of Enzymes on Strawberry volatiles during storage, at different ripeness level, in different cultivars, and during eating. *Journal of Food Science*, 76(3), pp. 324–333. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01999.x>.
- Patras, A., Brunton, N.P., Da Pieve, S. és Butler, F. (2009) Impact of high pressure processing on total antioxidant capacity, phenolic, ascorbic acid content and colour of strawberry and blackberry purées, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(3), 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.12.004>.
- R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Elérhető: <https://www.R-project.org/>.
- Roszkos, R., Bazar, G., Tóth, T., Kovacs, Z., Febel, H. és Mezes, M. (2021) Effect of n-3 polyunsaturated fatty acid feeding on the fatty acid profile and odor of milk in danbred sows. *Journal of Applied Animal Research*, 49, pp. 447–459. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.2005071>.
- Salamon, B., Zakariás, F., Csehi, B., Kiskó, G. és Dalmadi, I. (2021) Different sequence of high-hydrostatic pressure and mild-heat treatment on the colour and sensory characteristics of strawberry puree. *Acta Alimentaria*, 50, pp. 93–101. <https://doi.org/10.1556/066.2020.00165>.
- Salazar-Orbea, G. L., García-Villalba, R., Tomás-Barberán, F. A. és Sánchez-Siles, L. M. (2021) ‘High-Pressure Processing vs. Thermal Treatment: Effect on the Stability of Polyphenols in Strawberry and Apple Products’, *Foods*, 10(12), 2919. o. <https://doi.org/10.3390/foods10122919>

- Singleton, V. L. és Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), pp. 144–158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Škegro, M., Putnik, P., Kovačević, D. B., Kovač, A. P., Salkić, L., Čanak, I., Frece, J., Zavadlav, S. és Ježek, D. (2021) Chemometric Comparison of High-Pressure Processing and Thermal Pasteurization: The Nutritive, Sensory, and Microbial Quality of Smoothies. *Foods*, 10(6), Article ID 1167. <https://doi.org/10.3390/foods10061167>.
- Tadapaneni, R.K., Banaszewski, K., Patazca, E., Edirisinghe, I. és Burton-Freeman, B.M. (2012) Effect of high-pressure processing and milk on the anthocyanin composition and antioxidant capacity of strawberry-based beverages, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 5795–5802. <https://doi.org/10.1021/jf2035059>
- Terefe, N. S., Matthies, K., Simons, L. és Versteeg, C. (2009) Combined high pressure mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (*Fragaria × ananassa*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, pp. 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.12.003>.
- Terefe, N., S., Yang, Y.H., Knoerzer, K., Buckow, R. és Versteeg, C. (2010) High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.009>
- Wang, S., Lin, T., Man, G., Li, H., Zhao, L., Wu, J. és Liao, X. (2014) Effects of Anti-browning Combinations of Ascorbic Acid, Citric Acid, Nitrogen and Carbon Dioxide on the Quality of Banana Smoothies. *Food and Bioprocess Technology*, 7, pp. 161–173. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1107-7>
- Wang, C-Y., Hsu, C-P., Huang, H-W., and Yang, B.B. (2013). The relationship between inactivation and morphological damage of *Salmonella enterica* treated by high hydrostatic pressure. *Food Research International*, 54(2): 1482–1487, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.004>
- WHO és FAO (2009). *Food hygiene (basic texts)*. 4. kiadás. Rome, Italy: World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Xu, H., Lee H-Y., and Ahn J. (2009). High pressure inactivation kinetics of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in milk, orange juice, and tomato juice. *Food Science and Biotechnology*, 18(4): 861–866, <https://www.earticle.net/Article/A110357>
- Yakubu, H. G., Ali, O., Ilyés, I., Vigiázó, D., Bóta, B., Bazar, G., Tóth, T. és Szabó, A. (2022) Micro-Encapsulated Microalgae Oil Supplementation Has No Systematic Effect on the Odor of Vanilla Shake-Test of an Electronic Nose. *Foods*, 11(21), Article ID 3452. <https://doi.org/10.3390/foods11213452>
- Yang, B., Shi, Y., Xia, X., Xi, M., Wang, X., Ji, B., and Meng, J. (2012). Inactivation of foodborne pathogens in raw milk using high hydrostatic pressure. *Food Control*, 28(2): 273–278, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.04.030>
- Yasunaga, E., Fukuda, S., Takata, D., Spreer, W., Sardud, V. és Nakano, K. (2018) Quality changes in fresh mango fruits (*Mangifera indica* L. Nam Dok Mai) under actual distribution temperature profile from Thailand to Japan, *Environment Control in Biology*, 56(2), 45–49. <https://doi.org/10.2525/ecb.56.45>
- Zacconi, C., Giosue, S., Marudelli, M., and Scolari, G. (2015). Microbiological quality and safety of smoothies treated in different pressure-temperature domains: effects on indigenous fruit microbiota and *Listeria monocytogenes* and their survival during storage. *European Food Research and Technology*, 241: 317–328, <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2460-8>
- Zhao, G., Zhang, R. és Zhang, M. (2017) ‘Effects of high hydrostatic pressure processing and subsequent storage on phenolic contents and antioxidant activity in fruit and vegetable products’, *International Journal of Food Science & Technology*, 52(1), 3–12. o. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13203>